

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА НА УДАРНЫЕ ПУСКОВЫЕ ТОКИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Известно, что при увеличенных воздушных зазорах существенно улучшается ряд эксплуатационных показателей короткозамкнутых асинхронных двигателей, уменьшаются добавочные потери, вибрации, магнитный шум и т. д. [1].

Работа посвящена исследованию влияния величины воздушного зазора на ударные пусковые токи двигателей.

В общем случае (см. приложение) переходный ток статора i_s определяется суммой трех составляющих — периодической i_{a0} и двух аperiodических i_{a1} и i_{a2} [2]. Расчеты показали, что при пуске с нулевыми начальными условиями составляющей i_{a1} практически можно пренебречь и принять упрощенную форму: $i_s \approx i_{a0} + i_{a2}$. При $t=0$ $i_s=0$, следовательно, $i_{a0}(0) = -i_{a2}(0)$.

Характер протекания переходного тока в основном определяется начальной фазой периодической составляющей i_{a0} . Возможны два предельных варианта:

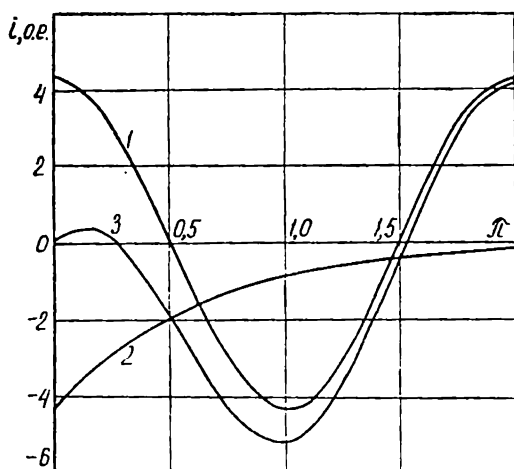
1. При $t=0$, $\varphi_{0s} = \varphi_{a0}$ периодическая составляющая проходит через максимум

$$i_{a0m} = \frac{1}{x'_s} \sqrt{\frac{1 + \alpha_r^2}{(1 + \alpha_1^2)(1 + \alpha_2^2)}}.$$

Начальное значение аperiodической составляющей также максимально и равно $i_{a2m} = -i_{a0m}$. На рисунке приведены зависимости от времени составляющих пускового тока двигателя АМ-72—4, 19 кВт, 380 в при воздушном зазоре $\delta = 1,15$ мм [3]. Ударный пусковой ток возникает при $t \approx \pi$.

2. При $t=0$, $\varphi_{0s} = -\varphi_{a0} = \frac{\pi}{2}$ периодическая составляющая i_{a0} проходит через нулевое значение. В этом случае аperiodическая составляющая отсутствует и переходный ток определяется только периодической составляющей. Ее амплитуда является минимальным ударным пусковым током. Первый максимум тока наступает при $t = \frac{\pi}{2}$.

Поскольку начальная фаза φ_{0s} является случайной величиной с равномерным законом распределения, то ударный пусковой ток в общем случае наступает при $\frac{\pi}{2} \leq t \leq \pi$, т. е. практически при неподвижном роторе. Расчетные величины максимальных и мини-



Зависимости составляющих начального пускового тока для первого варианта полуоткрытых пазов статора и ротора:
1 — i_{a0} ; 2 — i_{a2} ; 3 — i_s .

мальных ударных пусковых токов того же двигателя АМ-72—4 при различных воздушных зазорах приведены ниже:

Зазор δ , мм	0,4	0,55	0,70	1,0	1,15	1,45	1,75	2,0
$i_{sm \text{ min.}}$, о. е	4,45	4,39	4,37	4,35	4,32	4,48	4,58	4,69
$i_{sm \text{ max.}}$, о. е	5,34	5,28	5,28	5,26	5,22	5,37	5,42	5,51

Разница между минимальными и максимальными значениями ударных токов составляет в среднем 20%.

ВЫВОДЫ

1. Характер изменения во времени переходного тока в первую очередь определяется периодической составляющей, начальная фаза которой существенно влияет на величину ударного пускового тока асинхронного двигателя. При $\varphi_{0s} = \varphi_{a0}$ имеет место максимальный, а при $\varphi_{0s} - \varphi_{a0} = \frac{\pi}{2}$ — минимальный ударный пусковой ток.

2. Ударные пусковые токи при некоторых значениях воздушного зазора имеют минимум. Однако этот минимум пологий,

отсюда следует, что ударные пусковые токи практически не зависят от величины воздушного зазора.

Приложение

Согласно [2], переходный ток статора определяется выражениями:

$$\begin{aligned}
 i_s &= i_{a0} + i_{a1} + i_{a2}; \\
 i_{a0} &= \frac{U_{sm}}{x'_s} \sqrt{\frac{1 + \alpha_r^2}{(1 + \alpha_1^2)(1 + \alpha_2^2)}} \cos(t + \varphi_{0s} - \varphi_{a0}); \\
 i_{a1} &= \frac{U_{sm}}{x'_s} \cdot \frac{\alpha_r - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \cdot \frac{e^{-\alpha_1 t}}{\sqrt{1 + \alpha_1^2}} \cos(\varphi_{0s} - \varphi_{a1}); \\
 i_{a2} &= \frac{U_{sm}}{x'_s} \cdot \frac{\alpha_r - \alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1} \cdot \frac{e^{-\alpha_2 t}}{\sqrt{1 + \alpha_2^2}} \cos(\varphi_{0s} - \varphi_{a2}); \\
 \varphi_{a0} &= \operatorname{arctg} \frac{1}{\alpha_1} + \operatorname{arctg} \frac{1}{\alpha_2} - \operatorname{arctg} \frac{1}{\alpha_r}; \\
 \varphi_{a1} &= \operatorname{arctg} \frac{1}{\alpha_1}; \\
 \varphi_{a2} &= \operatorname{arctg} \frac{1}{\alpha_2},
 \end{aligned}$$

где $U_{sm} = 1$ — амплитуда приложенного номинального напряжения, о. е.;

x'_s — переходная реактивность двигателя;

α_r — коэффициент затухания роторной обмотки при разомкнутой статорной;

α_1, α_2 — действительные составляющие комплексных корней характеристического полинома [3];

φ_{0s} — начальная фаза в момент включения.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Н. Сиунов. Исследование влияния величины воздушного зазора на работу четырехполюсных короткозамкнутых асинхронных двигателей. Канд. диссертация. Свердловск, УПИ им. С. М. Кирова, 1971.
2. Е. Я. Казовский. Переходные процессы в электрических машинах переменного тока. М., Изд-во АН СССР, 1962.
3. М. Н. Сиунов, В. М. Кирпичников. О влиянии величины воздушного зазора на переходные процессы в асинхронной машине. Тр. УПИ, сб. 181, Свердловск, 1970.